



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL – UFFS

CAMPUS CERRO LARGO

CURSO DE QUÍMICA LICENCIATURA

CAROLINE FURES

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE ÁGUA DE POÇOS ARTESIANOS
NO MUNICÍPIO DE CERRO LARGO – RS**

CERRO LARGO

2018

CAROLINE FURES

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE ÁGUA DE POÇOS ARTESIANOS
NO MUNICÍPIO DE CERRO LARGO – RS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Química – Licenciatura da Universidade
Federal da Fronteira Sul, como requisito para
obtenção do título de Licenciada em Química.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Marlei Veiga dos Santos.

CERRO LARGO

2018

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Fures, Caroline
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE ÁGUA DE POÇOS
ARTESIANOS NO MUNICÍPIO DE CERRO LARGO/RS / Caroline
Fures. -- 2018.
53 f.:il.

Orientador: Doutorado Marlei Veiga dos Santos.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Química-Licenciatura, Cerro Largo, RS , 2018.

1. Água de Abastecimento. 2. Análise de água. 3.
Qualidade da água. I. Santos, Marlei Veiga dos, orient.
II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

CAROLINE FURES

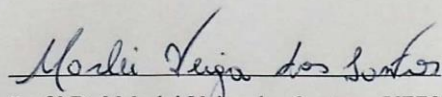
**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE ÁGUA DE POÇOS ARTESIANOS
NO MUNICÍPIO DE CERRO LARGO – RS**

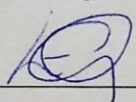
Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Licenciatura em Química da Universidade Federal da Fronteira Sul.

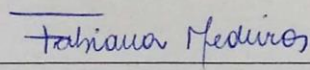
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Marlei Veiga dos Santos

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:
04/12/2018

BANCA EXAMINADORA


Prof.^a Dr.^a Marlei Veiga dos Santos – UFFS


Prof.^a Dr.^a Liziara da Costa Cabrera – UFFS


Me.^a Fabiana Oliveira de Medeiros – UFFS

AGRADECIMENTOS

À meus pais que sempre incentivaram-me a persistir nesta caminhada.

À meus irmãos: Anderson, Yasmin, João Cléber e Juliano.

À meu namorado Abel, pelo amor, pelo carinho, pelo companheirismo, pelas palavras “você vai conseguir”, “vai dar certo”.

À professora Marlei pelos ensinamentos, orientação, e pela paciência.

Aos técnicos da UFFS, pela paciência durante o período da pesquisa.

Aos meus professores do Curso de Química-Licenciatura pelos ensinamentos.

Muito obrigada a todos!

RESUMO

A análise da água de abastecimento é importante para a avaliação e conservação de sua qualidade. Devido à sua relativa estabilidade química e biológica a água subterrânea apresenta-se como a maior e mais segura fonte de água potável para consumo humano. As substâncias presentes na água compõem parâmetros de potabilidade que são estabelecidos atualmente pela Portaria nº. 5 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde. Sendo a população de Cerro Largo, Rio Grande do Sul, abastecida totalmente por água subterrânea objetivava-se fazer o levantamento de características físico-químicas da água fornecida para seu consumo. Foram coletadas um total de 62 amostras de 13 poços, destes somente um localizado no perímetro rural do município, e realizadas análises na água para determinação de condutividade, pH, turbidez, alcalinidade cloretos e dureza. Verificou-se que a maioria dos resultados obtidos foram satisfatórios quando comparados com a portaria do Ministério da Saúde e também apresentam-se de acordo com os valores disponibilizados no site da Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN).

Palavras-chave: Água de abastecimento. Análise de água. Qualidade da água.

.

ABSTRACT

The analysis of water supply is important for evaluation and conservation of its quality. Due to its relative chemical and biological stability groundwater is the largest and safest source of drinking water for human consumption. The substances present in water compose potability parameters that are currently established by ordinance n°. 5 of September 2017 of the Ministry of Health. Being the population of Cerro Largo, Rio Grande do Sul, fully supplied by groundwater aims to survey the physical and chemical characteristics of the water provided for its consumption. A total of 62 samples of 13 wells were collected, which only one was located in the rural perimeter of the city, and water analysis was performed to determine conductivity, pH, turbidity, chlorides alkalinity and hardness. It was verified that the majority of the obtained results were satisfactory when compared with the Ministry of Health ordinance and also they are presented according to the values available in the website of Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN).

Keywords: Water supply. Water analysis. Water quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Poços artesianos utilizados para as coletas	25
Figura 2 – Curva de calibração da bureta de 10 mL.....	31
Figura 3 – Curva de calibração da bureta de 25 mL.....	31
Figura 4 – Resultados das determinações de condutividade	33
Figura 5 – Resultados das determinações de pH	35
Figura 6 – Resultados das determinações de turbidez	36
Figura 7 – Resultados das determinações de alcalinidade.....	38
Figura 8 – Resultados das determinações de cloretos	39
Figura 9 – Resultados das determinações de dureza	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Reagentes utilizados	22
Tabela 2 - Desvios padrões calculados.....	30
Tabela 3 - Resultados das análises realizadas no mês de julho pela CORSAN	46
Tabela 4 - Resultados das análises realizadas no mês de agosto pela CORSAN.....	46
Tabela 5 - Resultados das análises realizadas no mês de agosto pela CORSAN.....	46
Tabela 6 - Coletas das amostras do poço 01.....	47
Tabela 7 - Coletas das amostras do poço 02.....	47
Tabela 8 - Coletas das amostras do poço 03.....	47
Tabela 9 - Coletas das amostras do poço 04.....	48
Tabela 10 - Coletas das amostras do poço 05.....	48
Tabela 11 - Coletas das amostras do poço 06.....	48
Tabela 12 - Coletas das amostras do poço 07.....	49
Tabela 13 - Coletas das amostras do poço 08.....	49
Tabela 14 - Coletas das amostras do poço 13.....	49
Tabela 15 - Coletas das amostras do poço 015.....	50
Tabela 16 - Coletas das amostras do poço 17.....	50
Tabela 17 - Coletas das amostras do poço 20.....	50
Tabela 18 - Coletas das amostras do poço 26.....	51

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
CET	Centro de Tecnologia Acadêmica IF-UFRGS
CETESB	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CORSAN	Companhia Riograndense de Saneamento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FUNASA	Fundação Nacional da Saúde
UFFS	Universidade Federal da Fronteira Sul
VMP	Valores Máximos Permitidos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVO GERAL	13
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
3.1	ÁGUA DE ABASTACIMENTO	14
3.2	PÂRAMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA	15
3.3	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	18
3.3.1	Condutividade	18
3.3.2	pH	18
3.3.3	Turbidez	19
3.3.4	Alcalinidade	19
3.3.5	Cloretos	19
3.3.6	Dureza	19
3.4	AMOSTRAGEM E COLETA DE AMOSTRA	20
4	MATERIAIS E MÉTODOS	21
4.1	INSTRUMENTOS	21
4.2	VIDRARIAS	21
4.3	REAGENTES	22
4.4	LIMPEZA DOS MATERIAIS	23
4.5	CALIBRAÇÃO DE VIDRARIAS VOLUMÉTRICAS	23
4.5.1	Calibração das pipetas volumétricas	23
4.5.2	Calibração do balão volumétrico	24
4.5.3	Calibração da bureta	24
4.6	CARACTERIZAÇÃO DOS POÇOS	24
4.7	AMOSTRAGEM E COLETA DE AMOSTRA	25
4.8	PREPARO DE SOLUÇÕES	26
4.8.1	Soluções para a determinação da alcalinidade	27
4.8.1.1	Solução de carbonato de sódio 0,0085 mol/L	26
4.8.1.2	Solução de ácido clorídrico 0,0206 mol/L	26
4.8.2	Soluções para a determinação da dureza	27
4.8.2.1	Solução de CaCO_3 0,0100 mol/L	27

4.8.2.2	Solução de EDTA•2 H ₂ O 0,0092 mol/L.....	27
4.8.2.3	Tampão amoniacal pH 9,8.....	27
4.8.3	Soluções para a determinação de cloreto	28
4.8.3.1	Solução de NaCl 0,00722 mol/L.....	27
4.8.3.2	Solução de Nitrato de Prata 0,00722 mol/L.....	28
4.9	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	28
4.9.1	Determinação da condutividade.....	28
4.9.2	Determinação do pH.....	28
4.9.3	Determinação da turbidez	29
4.9.4	Determinação da alcalinidade	29
4.9.5	Determinação de coretos	29
4.9.6	Determinação da dureza	29
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
5.1	CALIBRAÇÕES DAS PIPETAS VOLUMÉTRICAS	30
5.2	CALIBRAÇÃO DAS BURETAS	31
5.3	ANÁLISES DE ÁGUA DE POÇOS ARTESIANOS DO MUNICÍPIO DE CERRO LARGO	32
5.3.1	Condutividade.....	33
5.3.2	pH.....	34
5.3.3	Turbidez	36
5.3.4	Alcalinidade.....	37
5.3.5	Cloretos.....	39
5.3.6	Dureza.....	40
6	CONCLUSÃO.....	42
	REFERÊNCIAS	43
	ANEXO I	46
	APÊNDICE I.....	47

1 INTRODUÇÃO

A água sempre foi essencial desde o começo da vida no planeta Terra e também durante a história da espécie humana, a dependência da água para qualquer forma de vida se faz para seu desenvolvimento e/ou sobrevivência. Mesmo observando a dependência da água para a sobrevivência e desenvolvimento econômico, o ser humano polui e degrada este recurso, tanto as águas que se encontram na superfície como as subterrâneas (PEREIRA, 2004). Sendo assim, água para abastecimento pode ser obtida em diferentes fontes, as subterrâneas (aquíferos ou lençóis freáticos) que possuem menor possibilidade de contaminação, comparando-a com fontes superficiais que são mais suscetíveis à contaminação. Todavia, podem contaminar as águas de abastecimento: o esgoto doméstico e industrial, o armazenamento inadequado de resíduos sólidos, postos de combustíveis, agrotóxicos, entre outros fatores (PALUDO, 2010).

A distinção entre qualidade e potabilidade da água é muito importante. Qualidade engloba todos os usos possíveis da água e potabilidade refere-se ao uso da água para fins de consumo humano. As substâncias presentes na água compõem parâmetros de potabilidade que são estabelecidos atualmente pela Portaria nº 5 de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde. Conforme esta portaria, a água é considerada potável enquanto os parâmetros microbiológicos, físicos e químicos, organolépticos, substâncias químicas, e cianotoxinas, atendam aos Valores Máximos Permitidos (VMP) por esta e que não ofereça risco a saúde (BRASIL, 2017).

Neste estudo foram realizadas análises de condutividade, pH, turbidez, alcalinidade cloretos e dureza objetivando avaliar a qualidade da água dos poços artesianos do município de Cerro Largo, Rio Grande do Sul, com parâmetros preestabelecidos na literatura. Encontra-se nesta localidade uma unidade da Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN), órgão responsável pelo monitoramento e controle das águas subterrâneas, encontrando-se a maioria dos poços na área urbana.

2 OBJETIVO GERAL

Caracterizar a qualidade da água de poços artesianos localizados no município de Cerro Largo – RS, mediante as análises de condutividade, pH, turbidez, alcalinidade, cloretos e dureza.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar os parâmetros: condutividade, pH, turbidez, alcalinidade, cloretos e dureza;
- Verificar se os valores encontrados estão em acordo com a Portaria nº 5 de 28 de setembro 2017 do Ministério da Saúde;
- Desenvolver habilidades no trabalho em laboratório e execução de análises.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 ÁGUA DE ABASTECIMENTO

A água potável própria para consumo distribuída nas cidades é obtida de reservatórios subterrâneos e superficiais, nos quais realiza-se o monitoramento diário para manter sua qualidade conforme parâmetros estabelecidos pela Portaria nº 5 do Ministério da Saúde de 28 de setembro de 2017. Segundo Secretaria de Vigilância em Saúde (2006), os sistemas de abastecimento de água visam garantir o fornecimento de água concomitantemente protegendo a população dos riscos à saúde devido a contaminação de algum reservatório. Os parâmetros realizados diariamente são: pH, turbidez, cor, cloro residual livre, fluoretos, coliformes totais e *Escherichia coli* (e. coli).

Sistema de abastecimento desdobra-se do seguinte modo: captação, estações elevatórias, adutoras, reservatórios e rede de distribuição. É desta maneira que a água de abastecimento chega nas residências, esta passa por um rigoroso monitoramento, quando necessário passa por correções, tratamentos e por análises periódicas que asseguram a sua qualidade. Além disso, Secretaria de Vigilância em Saúde (2006) salienta a importância da limpeza periódica dos reservatórios domiciliares e/ou condomínios, pois a água está sujeita a contaminação pelo resultado da má higienização do reservatório ou do mesmo estar inadequadamente tampado e isto é capaz de provocar riscos à saúde.

Ainda de acordo com Secretaria de Vigilância em Saúde (2006), ao constatar irregularidades na qualidade da água, é possível executar técnicas para corrigir as mesmas, para tanto realiza-se um planejamento para uma possível correção e recuperação do reservatório de água subterrâneo através de um tratamento adequado. Subsequentemente é realizada uma nova análise, sendo esta coletada posteriormente ao método de tratamento, para verificar se a fonte possui condições de retomar o abastecimento de água. De acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2014) é necessário realizar o controle da qualidade da água pois pode-se constatar nas análises os valores de alcalinidade, flúor, cloretos, pH, entre outros, que se alterados podem ser corrigidos.

A vantagem de dispor de abastecimento de água subterrânea dá-se por ela geralmente não conter contaminantes, uma vez que encontra-se depositada no meio das

rochas o que contribui para a potabilidade. Porém a maior fonte de abastecimento de água no planeta é a superficial, contudo tem-se uma desvantagem econômica, devido ao amplo trabalho realizado para o tratamento deste recurso hídrico, visto que está muito suscetível a conter variados contaminantes. A Fundação Nacional da Saúde (FUNASA, 2013) salienta que nesta classe o controle da qualidade da água necessita de maior cautela para realizar o tratamento, visando executar uma perfeita correção desta água para fornecer uma água potável de qualidade própria para o consumo humano.

A Agência Nacional de Águas (ANA) é responsável pela fiscalização das empresas de abastecimento de água tratada, sendo essas originárias subterrânea ou superficial. Os órgãos estaduais gestores dos recursos hídricos fornecem informações à ANA e essa examina criteriosamente se os procedimentos sobre o uso da água estão em cumprimento com a portaria nº 5 de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde. A população pode obter as informações dos principais parâmetros analisados no portal do órgão estadual responsável, encontrando-se no estado do Rio Grande do Sul a Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN). Esta empresa é responsável pelo monitoramento das águas na maioria das cidades do estado do Rio Grande do Sul e disponibiliza em seu site os valores dos parâmetros: pH, turbidez, cor, cloro livre residual, fluoretos, coliformes totais e e. coli.

3.2 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

A condutividade elétrica é definida pela eficiência da água em conduzir corrente elétrica. Sendo que a água pura é uma substância má condutora de corrente elétrica, devido a sua fraca ionização. De acordo com os autores Lenzi, Favero e Luchese (2014) a dissolução de eletrólitos em água aumenta a sua condutividade e, dependendo da concentração de eletrólitos totais dissolvidos, observa-se características eletroquímicas que a tornam altamente corrosiva.

O pH é um dos parâmetros mais utilizado para a determinação da qualidade da água. A dissolução de rochas, a fotossíntese e despejos domésticos e industriais são fatores que alteram o pH. Quando encontrado em valores baixos na água de abastecimento, contribuem para sua corrosividade e agressividade, enquanto incrustações são possibilidades do pH em valores elevados (BRASIL, 2006).

Aconselha-se consumir água com um pH superior a 7,0 por manter o equilíbrio da acidez no sangue e auxiliar na neutralização dos efeitos causados pelo consumo de alimentos ácidos, atuando na redução dos sintomas de refluxos gástricos (BATISTA, 2017).

A turbidez é um parâmetro importante para verificar a qualidade da água. Takeda, Mendes e Marin (2011) enfatizam que a turbidez decorre da presença de materiais em suspensão na água, como argila e minúsculas substâncias orgânicas, e outras partículas, que são capazes de absorver e espalhar um feixe de luz. A FUNASA (2013) coloca que:

A turbidez é um dos parâmetros de qualidade para avaliação das características físicas da água bruta e da água tratada. O valor máximo permitido para água tratada é de 1 NTU (unidade nefelométrica de turbidez) na saída das estações de tratamento de água e 5 NTU em qualquer ponto da rede de distribuição (FUNASA, 2013).

A alcalinidade é estabelecida por sua eficiência em reagir quantitativamente com um ácido forte até indicar um determinado valor de pH, ou seja, ela tem a finalidade de manter o pH estável. Em si não causa riscos à saúde humana, mas pode provocar efeito laxativo e alteração no paladar. Além disso, pode causar incrustações nas paredes internas dos canos que realizam a distribuição de água. Segundo Pádua (2002), águas com alcalinidade elevada podem formar incrustações inorgânicas e fixar-se nas canalizações, devido à supersaturação de sais pouco solúveis ou insolúveis. Em vista disso, é possível realizar uma redução da alcalinidade a partir da adição de substâncias neutralizadoras, sendo estas mesmas indicadas para o abaixamento de pH (BRASIL, 2006).

A cor da água é um parâmetro visual que indica substâncias dissolvidas naturalmente no processo de decomposição, e está associada a turbidez, logo a cor é determinada quando é realizada a remoção da turbidez (SCURACCHIO, 2010). De acordo com a Portaria nº 5 de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde o VMP de cor da água de abastecimento é de 15,0 NTU (BRASIL, 2011).

O cloro é o agente bactericida mais utilizado no tratamento da água, que tem o objetivo de eliminar bactérias e microrganismos, atuando na prevenção da propagação de doenças (CETESB, 2010). Segundo a portaria nº 5 de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde, os valores de cloro aceitos para potabilidade da água própria para consumo devem estar na faixa de 0,2 mg/L e 2,0 mg/L (BRASIL, 2011).

O cloreto é um parâmetro estabelecido para obter indícios sobre o seu grau de mineralização ou de poluição, sendo a poluição decorrente de esgotos domésticos ou resíduos industriais. O cloreto por sua vez não causa riscos à saúde humana, mas provoca

corrosão dos metais em sistemas de alta pressão e temperatura (VASCONCELOS; SILVA, 2012). Segundo Braga et al. (2018) as concentrações elevadas de cloreto também ocasionam corrosão em concreto, ferro e argamassas.

A dureza é estabelecida pela capacidade de precipitar sabões pela presença dos íons de cálcio e magnésio, bem como outros metais. Ainda não constatou-se a existência de efeitos adversos ou benéficos da dureza sobre a saúde humana, uma vez que recomenda-se o consumo de 0,7 a 2,0 g de cálcio por dia, entretanto o excesso dele pode causar o desenvolvimento de cálculos renais (TAKEDA; MENDES; MARIN, 2011).

A água dura pode causar depósitos de calcite em caldeiras, estas são sistemas de água quente, que devido ao aumento da temperatura os carbonatos precipitam, e incrustam na tubulação, exigindo manutenção periódica, do contrário pode causar entupimentos, perda de eficiência e até mesmo causar uma explosão. Além disso, pode formar-se incrustações nos encanamentos de abastecimento de água, além de verificar-se pouca formação de espumas em lavanderias (POZZEBON, 2013).

Na água de abastecimento é normal manter-se ajustado a concentração do flúor, com o intuito de prevenir perda de minerais dos esmaltes dos dentes, uma vez que o método para isto é de baixo custo (FUNASA, 2013). Destaca-se ainda que um reservatório subterrâneo pode conter flúor de forma natural, no qual não é possível fazer a correção para VMP. O parâmetro fluoreto está relacionado ao ajuste do flúor, quer seja

Os fluoretos são compostos químicos formados pela combinação com outros elementos, encontrados em toda parte: solo, ar, água, nas plantas e na vida animal. Isto explica porque muitos alimentos contêm flúor. Ainda assim, a quantidade que ingerimos não passa de, em média, 0,3 mg de flúor por dia. O conteúdo de flúor na superfície terrestre varia de 20-500 ppm, aumentando nas camadas mais profundas, podendo chegar a 8.300 ppm, conferindo uma maior concentração de flúor às águas subterrâneas. (FUNASA, 2014).

Os coliformes são indicadores biológicos que têm função de constatar em uma amostra de água se esta possui algum traço de microrganismos que ameaçam sua potabilidade, diante desta problemática, é possível realizar um tratamento adequado. Esta contaminação surge do tratamento inadequado ou da deterioração que pode ocorrer no decorrer do sistema de distribuição (BRASIL, 2006).

A água de abastecimento não deve conter coliformes totais e/ou e. coli, segundo a Portaria do Ministério da Saúde nº 5, de 28 de setembro de 2017

A contagem de bactérias heterotróficas deve ser realizada em 20% (vinte por cento) das amostras mensais para análise de coliformes totais nos sistemas de

distribuição (reservatório e rede). Alterações bruscas ou acima do usual na contagem de bactérias heterotróficas devem ser investigadas para identificação de irregularidade e providências devem ser adotadas para o restabelecimento da integridade do sistema de distribuição (reservatório e rede), recomendando-se que não se ultrapasse o limite de 500 Unidade Formadoras de Colônias por mL (UFC/mL) (BRASIL, 2017).

Para uma água ser considerada potável logo após ao tratamento deve-se comparar os resultados com os parâmetros pré-estabelecidos pela resolução nº 357 de 2005 do Conselho Nacional do Meio (CONAMA), que classifica a água doce em 4 classes, contudo destas apenas 3 são adequadas para o consumo humano, dentre elas:

classe 1: águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; classe 2: águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; e a classe 3: águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado (CONAMA, 2005).

3.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

3.3.1 Condutividade

A condutividade é um parâmetro que caracteriza determinar a capacidade da água conduzir corrente elétrica, devido à presença de substâncias dissolvidas que facilmente dissociam-se em ânions e cátions. Logo quanto maior a capacidade de conduzir corrente elétrica, maior vai ser a concentração de íons na solução (FUNASA, 2014).

3.3.2 pH

O pH é um parâmetro que caracteriza determinar a concentração de íons de hidrogênio (H^+) presentes na amostra, verificando se a mesma encontra-se em meio ácido ou básico. Este varia de 1,0 a 14,0 sendo 7,0 neutro, ácidos com valores inferiores e básicos com valores superiores ao 7,0 (EMBRAPA, 2011).

Segundo a Portaria do Ministério da Saúde nº 5, de 28 de setembro de 2017, os VMP de pH aceitos para potabilidade da água para consumo humano devem estar na faixa de 6,0 e 9,5. Sendo assim é fundamental monitorar o pH da água, pois qualquer alteração fora da faixa estabelecida prejudica sua qualidade, podendo acarretar problemas de saúde da população (LENZI; FAVERO; LUCHESE, 2014).

3.3.3 Turbidez

A turbidez é um parâmetro que caracteriza determinar a presença de materiais sólidos em suspensão, como: silte, argila, sílica, entre outros (LENZI; FAVERO; LUCHESE; 2014). Segundo a Portaria do Ministério da Saúde nº 5, de 28 de setembro de 2017, os VMP para esse parâmetro é de até 1,0 NTU para a água de consumo humano.

3.3.4 Alcalinidade

A alcalinidade é um parâmetro que caracteriza em determinar a capacidade de neutralizar um ácido, sem comprometer a qualidade da água, ou seja, equilibrar os íons H^+ . A água pode encontrar-se alcalina por causa dos bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e hidróxidos (OH^-). Segundo a Portaria do Ministério da Saúde nº 5, de 28 de setembro de 2017, o VMP para a potabilidade da água é de 250 mg/L. Em vista disso é importante realizar um monitoramento frequente para manter os parâmetros em equilíbrio ou dentro da normalidade.

3.3.5 Cloretos

Os cloretos são sais oriundos da deterioração natural dos minerais das rochas, que por sua vez encontram-se em baixos níveis, e geralmente os valores máximos encontrados na natureza coincidem com os VMP pela Portaria do Ministério da Saúde nº 5, de 28 de setembro de 2017, que é de 250 mg/L em água de abastecimento.

3.3.6 Dureza

A dureza é um parâmetro que caracteriza determinar a presença de sais de cálcio e magnésio. Segundo os autores Takeda, Mendes e Marin (2011), a água pode classificar-se: água mole até 50 mg/L; água moderadamente dura de 50 mg/L a 150 mg/L; água dura de 100 mg/L a 300 mg/L; e água muito dura acima de 300 mg/L, expressa em carbonato de cálcio ($CaCO_3$).

A Portaria do Ministério da Saúde nº 5, de 28 de setembro de 2017, estabelece para dureza o VMP de 500 mg/L para água potável (BRASIL, 2011). Por esta razão deve-se manter um monitoramento contínuo para que esses VMP estejam sempre corretos mantendo a qualidade da água para consumo humano.

3.4 AMOSTRAGEM E COLETA DE AMOSTRA

A amostragem deve ser realizada para obter domínio das técnicas a serem desenvolvidas em laboratório e para alcançar resultados satisfatórios. A coleta das amostras consistiu-se em uma etapa muito importante para monitorar a qualidade da água para consumo humano, uma vez que a veracidade dos resultados, assim como sua correta interpretação correta depende propriamente da execução adequada desta parte.

A coleta de águas subterrâneas diretamente de um poço de abastecimento, deve seguir algumas etapas importantes, segundo descrito no manual de procedimentos e amostragem de análise físico-química de água (EMBRAPA, 2011). Primeiramente deve-se remover a tampa do frasco e segurar pela base, abrir a torneira e deixar a água escoar durante três minutos, para evitar a introdução de contaminantes, em seguida ambientar o frasco com três enxágues da amostra; cuidar para não encostar a entrada do frasco na torneira para evitar contaminantes, em seguida encher e fechar o frasco e acondicionar sob refrigeração.

Ressaltando, ainda, que água do poço deve ser bombeada por tempo suficiente para eliminar a água estagnada na tubulação e a coleta deve ser realizada em uma torneira próximo a saída do poço ou na entrada do reservatório e para conservar as características da amostra é importante o adequado acondicionamento (EMBRAPA, 2011). Os frascos utilizados na coleta devem ser quimicamente inertes, resistentes e permitir completa vedação.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 INSTRUMENTOS

- Balança analítica aparelho AD500 da marca Marte;
- Condutivímetro aparelho CG1800 da marca Gehaka;
- pHmetro aparelho HI 2221 da marca Hanna;
- Termômetro;
- Turbidímetro aparelho TB-1000P da marca MS TecnoPON;
- Refrigerador aparelho DC50 da marca Electrolux.

4.2 VIDRARIAS

- Béqueres;
- Erlenmeyers;
- Proveta;
- Pipetas volumétricas;
- Pesa-filtro;
- Balões volumétricos;
- Buretas;
- Frascos plásticos de polietileno (PET).

4.3 REAGENTES

Tabela 1 - Reagentes utilizados

Reagente	Fórmula molecular	Grau de pureza	Marca
Ácido clorídrico	HCl	36,5-37%	Alphatec
Carbonato de sódio	Na ₂ CO ₃	99,5%	Vetec
Ácido etilenodiaminotetracético sal disódica dihidratado	C ₁₀ H ₁₄ N ₂ Na ₂ O ₈ ·2H ₂ O	99%	Dinâmica
Hidróxido de amônio	NH ₄ OH	28 – 30%	Alphatec
Cloreto de amônio	NH ₄ Cl	99,5%	Vetec
Carbonato de cálcio	CaCO ₃	99,0%	Alphatec
Nitrato de prata	AgNO ₃	99,5%	Plat-Lab
Cloreto de sódio	NaCl	-	Alphatec
Soluções tampão de pH 4 (Biftalato de potássio 0,05 mol/L)	C ₈ H ₅ KO ₄	-	Nalgon
Soluções tampão de pH 7 (Fosfato equimolar 0,25 mol/L)	-	-	Nalgon
Soluções tampão de pH 10 (Biftalato de potássio 0,05mol/L)	-	-	Nalgon
Solução tampão do condutímetro	KCl	-	Digimed
Solução tampão de Formazina	-	-	Specsol
Alaranjado de metila	C ₁₄ H ₁₄ N ₃ NaO ₃ S	-	Vetec
Cromato de potássio	K ₂ CrO ₄	-	Vetec
Eriocromo – T	C ₂₀ H ₁₂ N ₃ O ₇ SNa	-	Vetec

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4 LIMPEZA DOS MATERIAIS

As vidrarias utilizadas foram lavadas com detergente diluído e posteriormente enxaguadas com água destilada. Os frascos utilizados para a coleta das amostras foram garrafas de reúso (água mineral) lavadas somente com água destilada e enxaguadas em abundância.

4.5 CALIBRAÇÃO DE VIDRARIAS VOLUMÉTRICAS

As vidrarias volumétricas, limpas e secas, foram manuseadas durante os procedimentos de calibração com tiras de papel-filtro para prevenir a aderência da gordura presente da pele. Houve o cuidado para fazer a leitura do menisco ao nível dos olhos para evitar-se erro paralaxe. Controlou-se temperatura do laboratório em 20°C para a correta relação entre massa e volume estabelecido pela relação da densidade.

A medida de massa “pesagem” é uma parte da calibração de vidrarias, sendo fundamentada na relação da massa e volume, expressos na densidade, sendo possível conferir através da massa se o volume do líquido indicado na vidraria é verdadeiro a temperatura previamente estabelecida.

4.5.1 Calibração das pipetas volumétricas

Primeiramente iniciou-se determinando a massa do pesa-filtro, em seguida colocou-se em um béquer água destilada. Lavou-se uma pipeta volumétrica adequadamente até que observou-se um filme contínuo de água em sua parede interna, em seguida pipetou-se água destilada por aspiração com o auxílio de uma pera de borracha, até acima da marca de calibração da mesma. Limpou-se o excesso de líquido da parte externa da pipeta com papel toalha, em seguida tocou-se a ponta da pipeta na parede interna de um béquer e escoou-se o líquido controlando-se a vazão. Acertou-se com cuidado o menisco da pipeta e verteu-se a quantidade de água destilada medida para o pesa-filtro previamente pesado, em que quando mediu-se a massa do pesa-filtro, teve-se o cuidado para pegar o pesa-filtro com uma tira de papel-filtro para que não ocorresse nenhum erro na determinação da massa. Mediu-se novamente a massa do pesa-filtro com água destilada em uma balança analítica e verificou-se a temperatura no momento do procedimento. Repetiu-se o procedimento anterior mais 2 vezes (triplicata). Em seguida calculou-se os volumes de água contidos nas pipetas utilizadas, o desvio padrão, o coeficiente de variação e o erro relativo entre os três volumes medidos e o volume teórico de líquido medido pelas pipetas.

4.5.2 Calibração do balão volumétrico

Pesou-se o balão volumétrico, limpo e seco, em balança analítica. Após a pesagem foi necessário manusear o balão com o auxílio de um papel-filtro, para evitar alterar sua massa. Em seguida, adicionou-se água destilada até volume próximo a marca de aferição, secou-se seu gargalo com o auxílio de um papel-filtro enrolado em um bastão de vidro e aferiu-se com água destilada com o auxílio de uma pipeta de Pauster, tendo o cuidado de observar o menisco ao nível dos olhos. E em seguida procedeu-se a nova pesagem e observou-se a temperatura da água. Este procedimento foi realizado em triplicata, em três dias diferentes uma vez que o balão necessitava estar seco. Calculou-se a capacidade do balão, determinando seu volume médio e o desvio padrão.

4.5.3 Calibração da bureta

Pesou-se um erlenmeyer de 125 mL, em balança analítica. Logo após a pesagem foi necessário manusear o mesmo com o auxílio de um papel-filtro. Em seguida, lavou-se a bureta com água da torneira, na sequência com água destilada até criar-se um filme em seu interior. Adicionou-se água destilada a bureta até um pouco acima de zero da escala em seguida deixou-se a água escoar lentamente, abrindo-se até que observou-se o menisco ao nível dos olhos, no zero da escala, sem que a bureta contivesse bolhas de ar em sua ponta. Deixou-se escorrer gota a gota de 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25 mL para dentro do erlenmeyer, previamente pesado até a marca de 25 mL. A água escoada em cada intervalo foi armazenada no mesmo frasco. Subtraiu-se a massa do frasco vazio de cada pesagem sucessiva. Calculou-se os volumes correspondentes utilizando a densidade da água. Procedimento similar foi realizado para a bureta de 10 mL.

4.6 CARACTERIZAÇÃO DOS POÇOS

Os 13 poços artesanais monitorados, localizam-se no município de Cerro Largo – RS, sendo que 12 poços encontram-se no perímetro urbano e 1 poço encontra-se no perímetro rural. Estes posicionam-se em lugares distintos dentro do município. Na figura 1 podem ser observados os pontos de coletas identificados.

Figura 1 - Poços artesianos utilizados para as coletas



Fonte: Elaborado pelo autor

Nota: Foto retirada no Google Maps

O ponto de coleta (P01) localiza-se próxima a empresa Cardoso, no Centro; o ponto de coleta (P02) localiza-se na mesma área que encontra-se a garagem da prefeitura, no Centro; o ponto (P03) localiza-se próxima a Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai (URI), no Centro; o ponto (P04), localiza-se próxima ao clube no Bairro Esquina Gaúcha; o ponto (P05) localiza-se próximo ao clube no Bairro Cohab; o ponto (P06) localiza-se próximo ao auto posto Cerro Largo; o ponto (P07) localiza-se na mesma área que encontra-se o Parque Municipal de Exposições, no Centro; o ponto (P08) localiza-se próximo a distribuidora de gás, no Centro; o ponto (P13) localiza-se próximo ao açougue do Kieling, no Bairro São Fernando; o ponto (P15) localiza-se na Linha Encantado, Bairro Brasília; o ponto (P17) localiza-se na mesma área que encontra-se o Supermercado/Moinho Jaescke, no Bairro Parque do Moinho; o ponto de coleta (P20) localiza-se próxima a entrada da Linha Santa Cruz, no Bairro Irmão Gabriel; e o ponto (P26) localiza-se próximo a fábrica Fierro.

4.7 AMOSTRAGEM E COLETA DE AMOSTRA

A coleta das amostras foi realizada nos meses de julho, agosto, setembro, outubro, e novembro de 2018, em 13 pontos localizados no município de Cerro Largo – RS. O propósito foi o propósito de coletar amostras de água uma vez a cada mês ao longo dos cinco meses de monitoramento, a fim de obter uma maior confiabilidade dos resultados, sendo que em cada poço foram coletados aproximadamente 500 mL de água.

Para a coleta das amostras foram utilizados frascos de PET previamente lavados conforme item 4.4. Durante a coleta deixou-se a água da torneira escorrer durante 3 minutos, manteve-se o cuidado de ambientar o frasco com a amostra com 3 enxágues, em seguida coletou-se, tomando o cuidado de não encostar o gargalo na torneira para evitar possível contaminação da amostra.

Os frascos PET foram conduzidos no mesmo dia ao laboratório de análise instrumental da UFFS, onde as amostras foram mantidas refrigeradas a cerca de 5 °C em refrigerador.

4.8 PREPARO DE SOLUÇÕES

O preparo das soluções foi realizado no laboratório de análise química da UFFS, sendo respeitadas as normas de obtenção de confiabilidade dos resultados. Todas as soluções foram preparadas com água destilada, sendo que a solução de nitrato de prata (AgNO_3) e os indicadores foram preparados pelos técnicos de laboratório de química da UFFS.

As soluções padrão primário foram preparadas em balões volumétricos previamente calibrados, sendo que sua massa foi obtida pelo método de pesagem por diferença ou indireta, que consiste em colocar a substância a ser utilizada em um pesa-filtro com tampa e o conjunto é pesado; a quantidade da substância é retirada do pesa-filtro e sua massa é determinada pesando-se novamente o conjunto. Este tipo de pesagem é indicado quando deseja-se pesar massas muito pequenas, substâncias que se alteram com o ar ou ainda para minimizar um possível erro existente na balança. Os reagentes foram dissolvidos dentro dos béqueres, utilizando água destilada e, em seguida transferido para balão volumétrico, tentando evitar qualquer perda com as inúmeras lavagens.

As soluções padrões secundários não necessitam de tanto rigor no preparo, podendo ser preparadas em provetas. Os reagentes líquidos tiveram seus volumes medidos com pipetas graduadas.

Transferiu-se as soluções que foram preparadas para frascos previamente lavados conforme item 4.4. Os frascos dos padrões primários foram ambientados com porção da solução preparada, comumente, para tal gasta-se um volume de solução correspondente ao que está no gargalo do balão. Contudo, para os padrões secundários pode-se transferir o conteúdo da proveta para o frasco umedecido com água destilada sem que haja erros, já que haverá posterior padronização desta solução. Na sequência os frascos foram

rotulados, indicando o nome da solução preparada, sua concentração exata (solução padrão) ou aproximada (solução a ser padronizada) e a data de preparo.

4.8.1 Soluções para a determinação da alcalinidade

Para esta determinação utilizou-se os reagentes: ácido clorídrico (HCl) 37%, carbonato de sódio (Na_2CO_3) e alaranjado de metila. O carbonato de sódio para poder ser utilizado como padrão primário precisou ser seco em estufa a 200 °C, em torno de 4 horas. Colocou-se em um dessecador até esfriar e, então, foi pesado em uma balança analítica pelo método de diferença.

4.8.1.1 Solução de carbonato de sódio 0,0085 mol/L

Pesou-se por diferença 0,0900 g de Na_2CO_3 , esta foi dissolvida em béquer com água destilada e transferida para um balão volumétrico de 100 mL, previamente calibrado.

4.8.1.2 Solução de ácido clorídrico 0,0206 mol/L

Adicionou-se cerca de 300 mL de água destilada em proveta, sobre esta foi gotejado 1,90 mL de HCl 37%; após o volume foi elevado a 1000 mL com água destilada.

4.8.2 Soluções para a determinação da dureza

Para esta determinação utilizou-se os reagentes: EDTA sal dissódico e dihidratado ($\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), o carbonato de cálcio (CaCO_3) e o eriocromo T. O carbonato de cálcio para poder ser utilizado como padrão primário precisou ser seco em estufa a 200 °C, em torno de 24 horas. Ficou em dessecador até esfriar e, então, foi pesado em balança analítica, pelo método da diferença.

4.8.2.1 Solução de CaCO_3 0,0100 mol/L

Pesou-se por diferença 0,1060 g de CaCO_3 , esta foi dissolvida em béquer com a adição de algumas gotas de HCl e água destilada, após foi transferida para balão volumétrico 100 mL, previamente calibrado.

4.8.2.2 Solução de $\text{EDTA} \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ 0,0092 mol/L

Pesou-se por adição 1,8612 g de $\text{EDTA} \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$, esta foi diluída em béquer com água destilada e transferida para uma proveta, onde teve o volume elevado a 500 mL com água destilada.

4.8.2.3 Tampão amoniacal pH 9,8

Pesou-se por adição 3,3800 g de cloreto de amônio (NH_4Cl), dissolveu-se com água destilada e acrescentou-se com 28,60 mL de hidróxido de amônio (NH_4OH). O volume foi elevado a 50 mL com água destilada em proveta.

4.8.3 Soluções para a determinação de cloreto

Para esta determinação utilizou-se os reagentes: Nitrato de prata, o cloreto de sódio e o cromato de potássio 5% m/v. O cloreto de sódio para poder ser utilizado como padrão primário precisou ser seco em estufa a 200 °C em torno de 24 horas. Ficou em dessecador até esfriar e, então, foi pesado em balança analítica, pelo método de diferença.

4.8.3.1 Solução de NaCl 0,00722 mol/L

Pesou-se por diferença 0,89 g de NaCl, esta foi dissolvida em béquer com água destilada, após foi transferida para balão volumétrico 100 mL, previamente calibrado.

4.8.3.2 Solução de Nitrato de Prata 0,00722 mol/L

Pesou-se por adição 2,395 g de Nitrato de prata, esta foi diluída em béquer com água destilada e transferida para um balão de 1000 mL com água destilada. Esta solução foi preparada pelos técnicos de laboratório por se tratar de um reagente de custo elevado.

4.9 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

4.9.1 Determinação da condutividade

Utilizou-se o aparelho CG1800 da marca Gehaka, previamente calibrado com solução padrão de calibração KCl de 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$, e determinou-se a condutividade de cada amostra de água. No intervalo entre uma amostra e outra lavou-se o sensor de condutividade com água destilada para não contaminar as amostras.

4.9.2 Determinação do pH

Utilizou-se o aparelho HI 2221 da marca Hanna, previamente calibrado com as soluções padrão de calibração tampão pH 7,0; tampão pH 4,0 e tampão pH 10,00; em seguida determinou-se o pH de cada amostra de água. No intervalo entre uma amostra e outra lavou-se o eletrodo de pH com água destilada para não contaminar as amostras.

4.9.3 Determinação da turbidez

Utilizou-se o aparelho TB-1000P da marca MS TecnoPON, previamente calibrado com as soluções padrão de calibração de Formazina de 0,1 NTU à 1000 NTU, em seguida determinou-se a turbidez de cada amostra de água. No intervalo entre uma amostra e outra lavou-se a cubeta com água destilada para não contaminar as amostras e ambientando-a previamente com a amostra a ser lida de modo a evitar erros.

4.9.4 Determinação da alcalinidade

Realizou-se a análise volumétrica, nesta pipetou-se 50 mL da amostra de água para um erlenmeyer, adicionando 3 gotas do indicador alaranjado de metila. Preencheu-se a bureta com solução padronizada de HCl, procedeu-se à titulação, gota a gota até atingir o ponto de viragem do indicador. O procedimento foi realizado em triplicata.

4.9.5 Determinação de cloretos

Realizou-se análise volumétrica método de Mohr nesta pipetou-se 50 mL da amostra da água para um erlenmeyer, adicionando 3 gotas do indicador de cromato de potássio (K_2CrO_4). Preencheu-se a bureta com solução padronizada de nitrato de prata ($AgNO_3$), procedeu-se à titulação gota a gota, até atingir o ponto de viragem do indicador. O procedimento foi realizado em triplicata.

4.9.6 Determinação da dureza

Realizou-se análise volumétrica complexometria com EDTA, nesta pipetou-se 25 mL da amostra da água para um erlenmeyer, sendo adicionado a amostra 0,5 mL da solução tampão amoniacal (NH_4OH/NH_4Cl), e uma ponta de espátula do indicador Eriocromo-T ($C_{20}H_{12}N_3O_7SNa$). Preencheu-se a bureta com solução padronizada de EDTA, procedeu-se à titulação gota a gota, até atingir o ponto de viragem do indicador. O procedimento foi realizado em triplicata.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 CALIBRAÇÕES DAS PIPETAS VOLUMÉTRICAS

Na química analítica ao manusear vidrarias e equipamentos de medida quantitativa, deve-se adotar procedimentos cuidadosos como forma de minimizar erros de aferição e calibração.

Na tabela 2, podem ser observados os valores dos desvios padrões das pipetas e balões volumétricos mais comumente usados nos laboratórios perante as especificações do U.S. National Bureau of Standards para vidraria volumétrica.

Tabela 2 - Desvios padrões calculados

Vidraria	Volume	Desvio padrão (mL)			Temperatura na hora da calibração	Erro relativo
		Média da calibração	Desvio padrão recomendado	Desvio padrão calculado		
Pipeta volumétrica	25 mL	24,961	$\pm 0,03$	$\pm 0,02$	19 °C	0,16%
Pipeta volumétrica	50 mL	49,959	$\pm 0,05$	$\pm 0,03$	22 °C	0,08%
Balão volumétrico	50 mL	49,777	$\pm 0,05$	$\pm 0,01$	18 °C	0,45%
Balão volumétrico	100 mL	99,475	$\pm 0,08$	$\pm 0,01$	19 °C	0,53%

Fonte: Elaborado pelo autor.

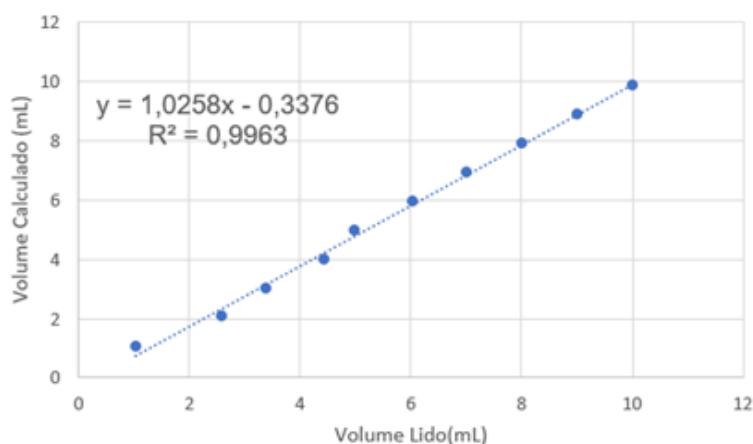
A partir da tabela 2, pode-se observar que os dados da calibração podem ser considerados tendo em vista os valores do desvio padrão calculados serem inferiores ao desvio padrão recomendado, a calibração de cada vidraria pode ser aceita, devido a comparação do desvio padrão calculado com o desvio recomendado.

A exatidão é um valor que define o quão próximo os resultados estão do valor real, esta é dada pelo erro relativo (Er) e a precisão expressa os valores individuais estão próximos entre si, desde que obtidos da mesma maneira, esta é dada pelo desvio padrão (HARRIS, 2012). Sendo assim os valores observados na tabela 2 são precisos, visto que o desvio padrão calculado está menor que o recomendado. Para a pipeta de 25 mL, para o balão de 50 mL e para o balão de 100 mL, entretanto, obteve-se precisão mas não obteve-se exatidão erro relativo superior à 0,1%. Sendo assim, para estas vidrarias utilizou-se o valor do volume calculado para a pipeta de 50 mL utilizou-se o volume teórico para realizar os cálculos.

5.2 CALIBRAÇÃO DAS BURETAS

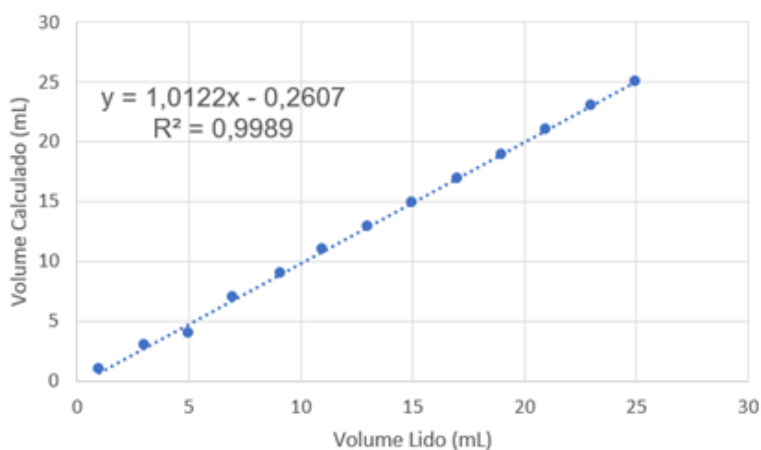
A calibração das buretas foi realizada observando os cuidados necessários, pois a mesma permite leituras de volumes com precisão, destacando que a cada alíquota coletada a bureta foi retirada do suporte e lida na altura dos olhos, que deve ser a mesma da do topo do líquido, para se evitar erro de paralaxe. Após o cálculo do volume dispensado, realizado com a massa pesada de cada alíquota e a densidade, foi construída uma curva de calibração para a bureta, conforme pode ser observado nas figuras 2 e 3.

Figura 2 - Curva de calibração da bureta de 10 mL



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3 - Curva de calibração da bureta de 25 mL



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como podemos verificar pela figura 2 para a bureta de 10 mL o coeficiente de correlação calculado a partir do coeficiente de determinação (R^2) tem como valor,

$r=0,9981$, desta maneira, afirma-se a relação confiável entre o valor lido na bureta e o valor calculado, a partir da densidade $0,997770 \text{ g/L}$ a 22°C no laboratório.

Da mesma forma podemos verificar na figura 3 a bureta de 25 mL , o coeficiente de correlação calculado a partir do R^2 tem como valor, $r=0,9994$, desta maneira, afirma-se a relação confiável entre o valor lido na bureta e o valor calculado, a partir da densidade $0,998585 \text{ g/L}$ a 18°C no laboratório.

A equação da reta torna-se mais atrativa quando se introduz o coeficiente de correlação (r), que expressa a relação de x e y na curva, onde os valores ideais esperados são 1 e -1 , ou seja, quanto mais próximo da unidade maior a relação, maior a probabilidade de existir uma relação linear definida. Caso os valores tendam a zero, indica-se que não há relação linear. A aceitação do coeficiente de correlação deve ser, também, um critério obtido pelo grupo de confiabilidade, assim como o número de decimais a ser utilizado (HARRIS, 2012).

5.3 ANÁLISES DE ÁGUA DE POÇOS ARTESIANOS DO MUNICÍPIO DE CERRO LARGO

Foram realizadas coletas mensais em 13 poços artesianos no município de Cerro Largo sendo coletado um volume de 500 mL de água em cada poço, totalizando 62 amostras no decorrer de 5 meses, nas datas de 30 de julho, 31 de agosto, 17 de setembro, 04 de outubro e 01 de novembro do ano de 2018, enfatiza-se que não realizou-se a 1ª e a 2ª coleta no poço 06 e a 4ª coleta no poço 15, pois os sistemas de aspersão de água estavam com avarias elétricas.

Portanto foram realizadas cinco coletas em cada poço, nos dias da 1ª e 4ª coleta o tempo estava ensolarado, enquanto que nos dias da 2ª, 3ª e 5ª coleta o tempo estava chuvoso. Durante as coletas houve o acompanhamento de uma funcionária da CORSAN.

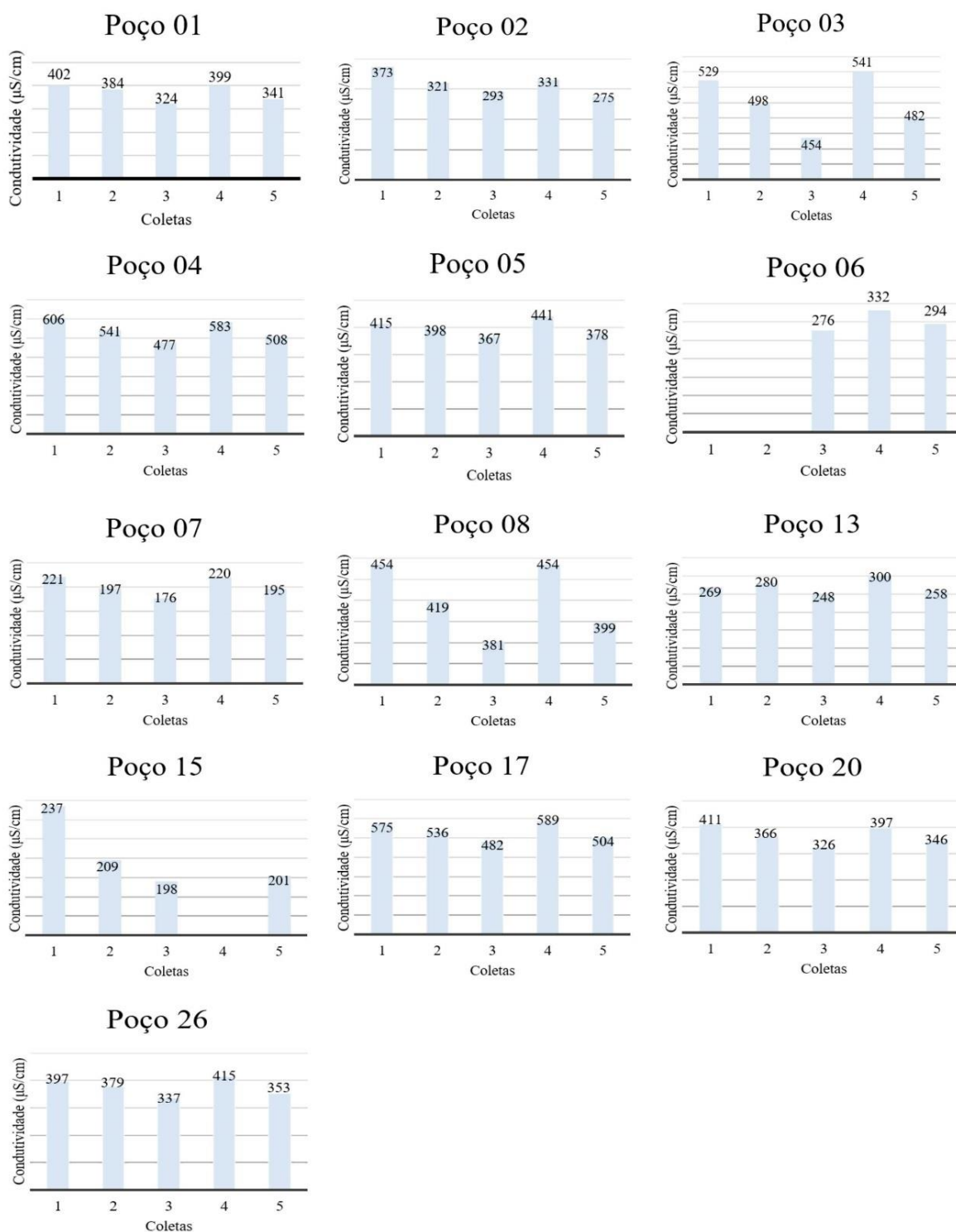
Os poços artesianos possuem as seguintes numerações P01, P02, P03, P04, P05, P06, P07, P08, P13, P15, P17, P20 e P26. Observa-se que a numeração dos poços analisados é aleatória, isso se deve pois há 26 poços escavados no município, entretanto alguns tem baixa vazão e outros estão de “reserva” caso algum fique com vazão baixa no decorrer dos anos.

As determinações realizadas foram de condutividade, pH, turbidez, alcalinidade, cloretos e dureza.

5.3.1 Condutividade

A medida de condutividade foi realizada conforme o item 4.9.1 da metodologia e os resultados encontrados podem ser observados na figura 4 e também nas tabelas disponíveis no apêndice I.

Figura 4 – Resultados das determinações de condutividade



Fonte: Elaborado pelo autor

Este parâmetro não possui portaria e/ou resolução de controle sobre VMP de condutividade da água que podem ser aceitos para a potabilidade.

Em pesquisa realizada por Capp et al. (2012), determinou-se a condutividade de água subterrânea, os autores encontraram valores elevados de condutividade e atribuem estes valores as altas concentrações de sais dissolvidos, uma vez que determinaram também o íon cloreto e este estava em alta concentração. Entretanto, segundo o site do Centro De Tecnologia Acadêmica (CTA, 2018), exibe valores de condutividade para diferentes tipos de água em $\mu\text{S}/\text{cm}$:

Mesmo com essa falta de padrões, alguns valores base podem ser estabelecidos para a condutividade elétrica de acordo com a natureza da mesma, como pode ser observado: água da torneira 50 – 800, água potável A 30 – 1500, fontes de água doce 100 – 2000 e subterrâneas 50 - 40000 (CTA, 2018).

Martiori (2015) analisou a qualidade de água de poços e confirmou de acordo com a condutividade elétrica de média 57,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ que a água dos poços analisados é classificada como subterrânea.

5.3.2 pH

A medida de pH foi realizada conforme o item 4.9.2 da metodologia e os resultados encontrados podem ser observados na figura 5 e também no apêndice I.

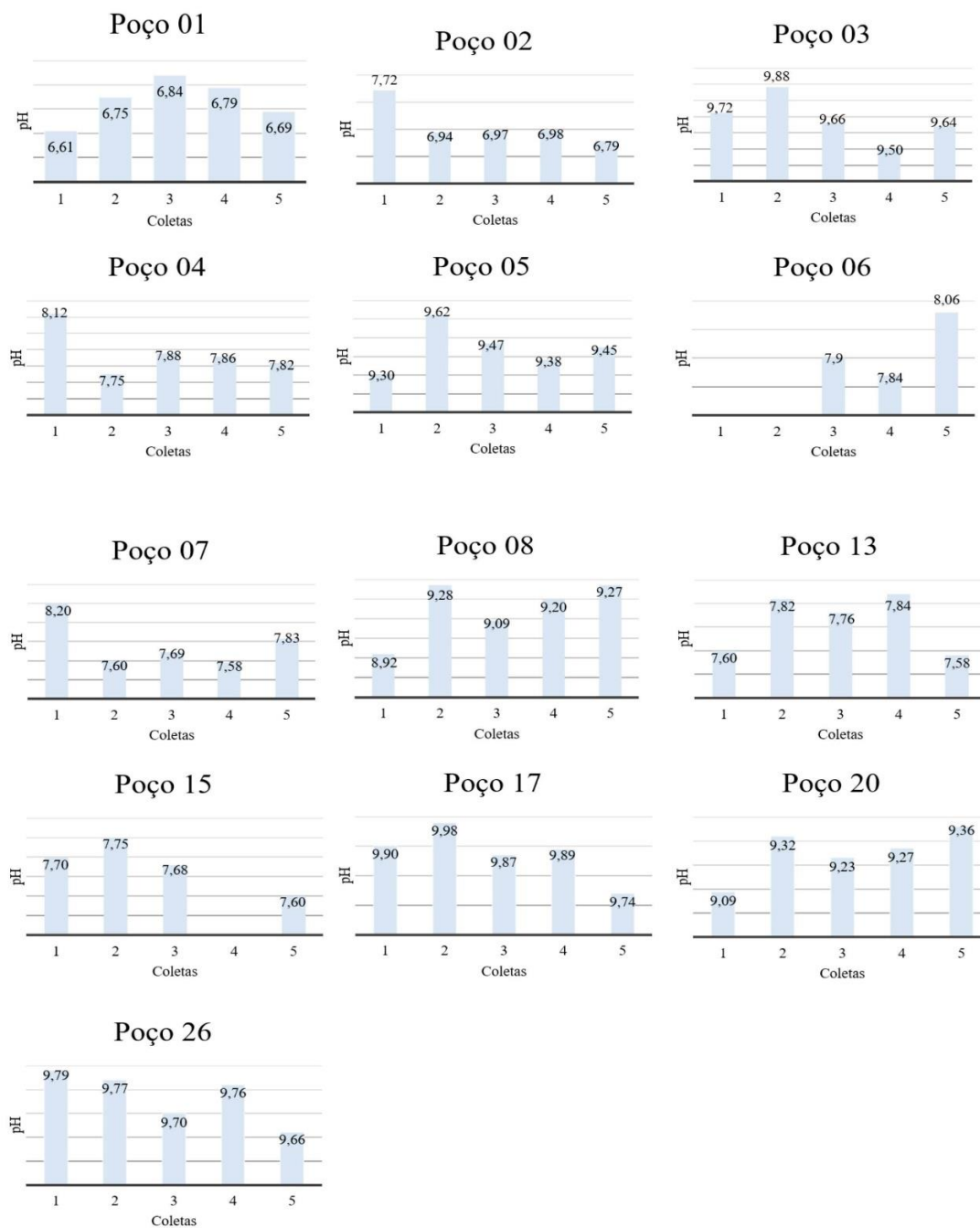
Como pode-se observar, dentre todos os poços analisados, 4 apresentaram resultados de pH superiores ao estabelecido, que é entre 6,0 a 9,5 pela Portaria nº 5 de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017), o poço 05 na 2ª coleta e os poços 03, 17 e 26 em todas as coletas.

Vasconcelos e Silva (2011) enfatizam que uma amostra analisada em sua pesquisa apresentou o pH 9,8 o que expressa um valor alcalino e que não atende a portaria vigente. Enquanto na pesquisa de Ribeiro, Oliveira e Fischer (2012), que analisaram água de 5 poços artesianos, verificou-se grande variação do pH entre os poços, variação entre 4,91 a 12,90, cujo valor máximo os autores atribuíram a presença de chuva no dia da coleta, esse valor atribui-se por se um poço aberto.

Verifica-se os resultados obtidos no presente trabalho, não estão totalmente de acordo com os resultados encontrados no site da CORSAN (disponíveis no Anexo I). Porém, cabe destacar a CORSAN realiza determinações diárias de pH e no seu site publica a média mensal, isto faz com que não seja possível perceber se uma medida

pontual está fora da faixa estipulada, possivelmente as determinações podem apresentar valores superiores que são amenizados pela média (CORSAN, 2018).

Figura 5 – Resultados das determinações de pH

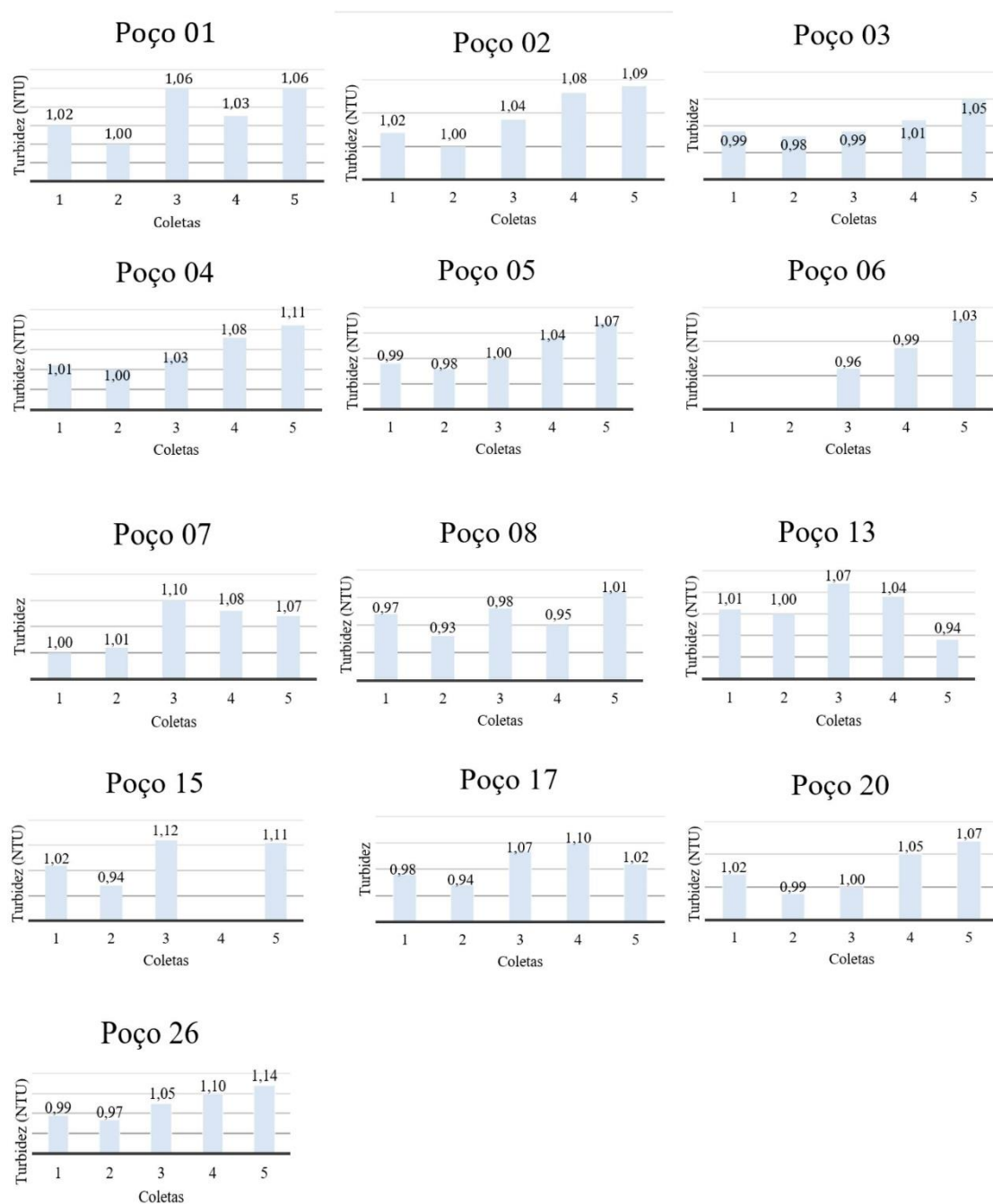


Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3.3 Turbidez

A turbidez foi determinada com o turbidímetro TB-1000P, esta medida foi realizada conforme o item 4.9.3 da metodologia e os resultados encontrados podem ser observados na figura 6 e também no apêndice I.

Figura 6 - Resultados das determinações de turbidez



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme pode-se observar na figura 6, comparando todos os poços analisados em, pelo menos, uma das coletas de cada poço a turbidez apresentou VMP superior, que

é de 1,0 NTU, pela Portaria nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017). Nesta pesquisa as medidas da turbidez variaram de 0,93 a 1,14 comparando os 13 poços, assim percebe-se que os valores de algumas determinações mostraram-se fora do VMP pela portaria, porém ressalta-se que turbidímetro estava instável, ou seja, na análise da duplica ou da triplicada apresentava valores não concordantes entre si e por consequência com desvio padrão alto, sendo necessária a recalibração do equipamento e nova análise da mesma amostra para obter um resultado mais confiável.

Os valores da turbidez encontrados no site da CORSAN estão dentro do VMP que a portaria estabelece, conforme pode ser observado no Anexo I, neste verifica-se que o valor médio no mês de julho foi 0,4 NTU, no mês de agosto foi de 0,5 NTU, no mês de setembro foi de 0,4 NTU e o valor médio dos meses de outubro e novembro ainda não estava disponível no site para compará-los com esta pesquisa. Lembrando que a CORSAN realiza determinação da turbidez diariamente e realiza uma média mensal, isto faz com que não seja possível perceber se alguma amostra pontual está em desacordo do VMP da portaria (CORSAN, 2018).

Santos e Mohr (2013) relatam em sua pesquisa que águas subterrâneas não apresentam alta turbidez, contudo se a água contiver íons ferro apresentará um aumento na turbidez quando em contato com o oxigênio do ar. A interação dos íons ferro e oxigênio também foi relatada no trabalho de Vitó, et al. (2016), que realizaram uma avaliação da qualidade da água de 5 poços artesianos no estado Rio de Janeiro e observaram a variação da turbidez entre 0,10 a 2,4 NTU.

5.3.4 Alcalinidade

A determinação da alcalinidade foi realizada conforme o item 4.9.4 da metodologia e os resultados encontrados podem ser observados na figura 7 e também no apêndice I.

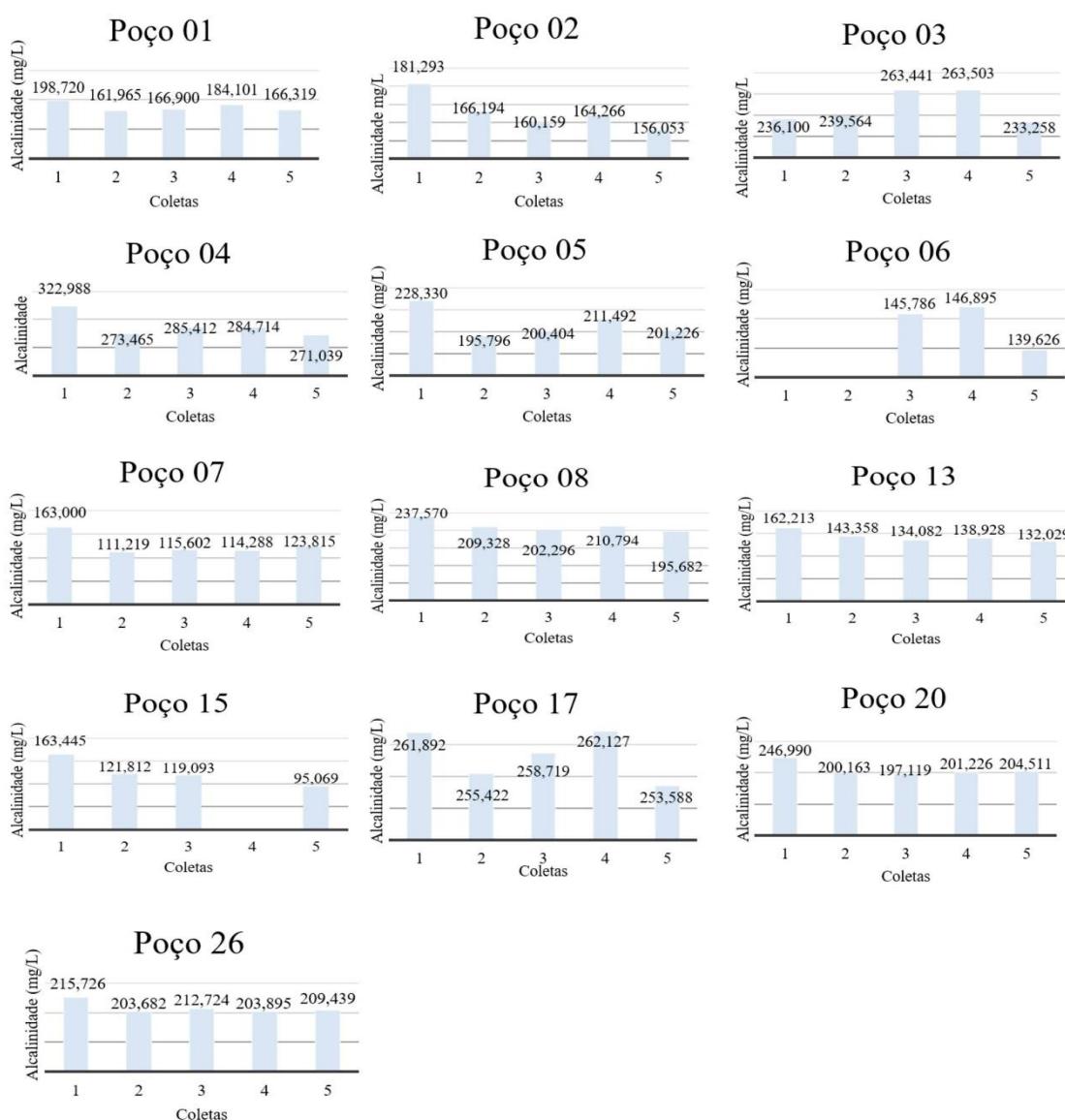
Este parâmetro pode ser observado na figura 7, comparando os 13 poços verifica-se que 3 poços apresentaram valores superiores ao estabelecido, sendo este dado pela Portaria do Ministério da Saúde nº 5, de 28 de setembro de 2017, que estabelece para alcalinidade o VMP de 250 mg/L para água potável (BRASIL, 2017).

Conforme a figura 7, os poços 01, 02, 05, 06, 07, 08, 13, 15, 20 e 26 em todas as coletas estão com os valores em concordância com os da Portaria nº 5 do Ministério da

Saúde. Enquanto, o poço 03 na 3ª e na 4ª coleta e os poços 04 e 17 em todas as coletas os apresentaram valor de alcalinidade superior ao recomendado.

Outros autores também já determinaram a alcalinidade com intenção de analisar e comparar se este parâmetro está de acordo com a portaria. É o caso de Schwarzbach e Morandi (2013) que realizaram análises físico-químicas, e observaram que os valores ficaram de 34 a 188 mg/L e de Agnes (2017) que realizou análises de água subterrânea, observou que os valores ficaram de 109,62 a 220,65 mg/L.

Figura 7 – Resultados das determinações de alcalinidade

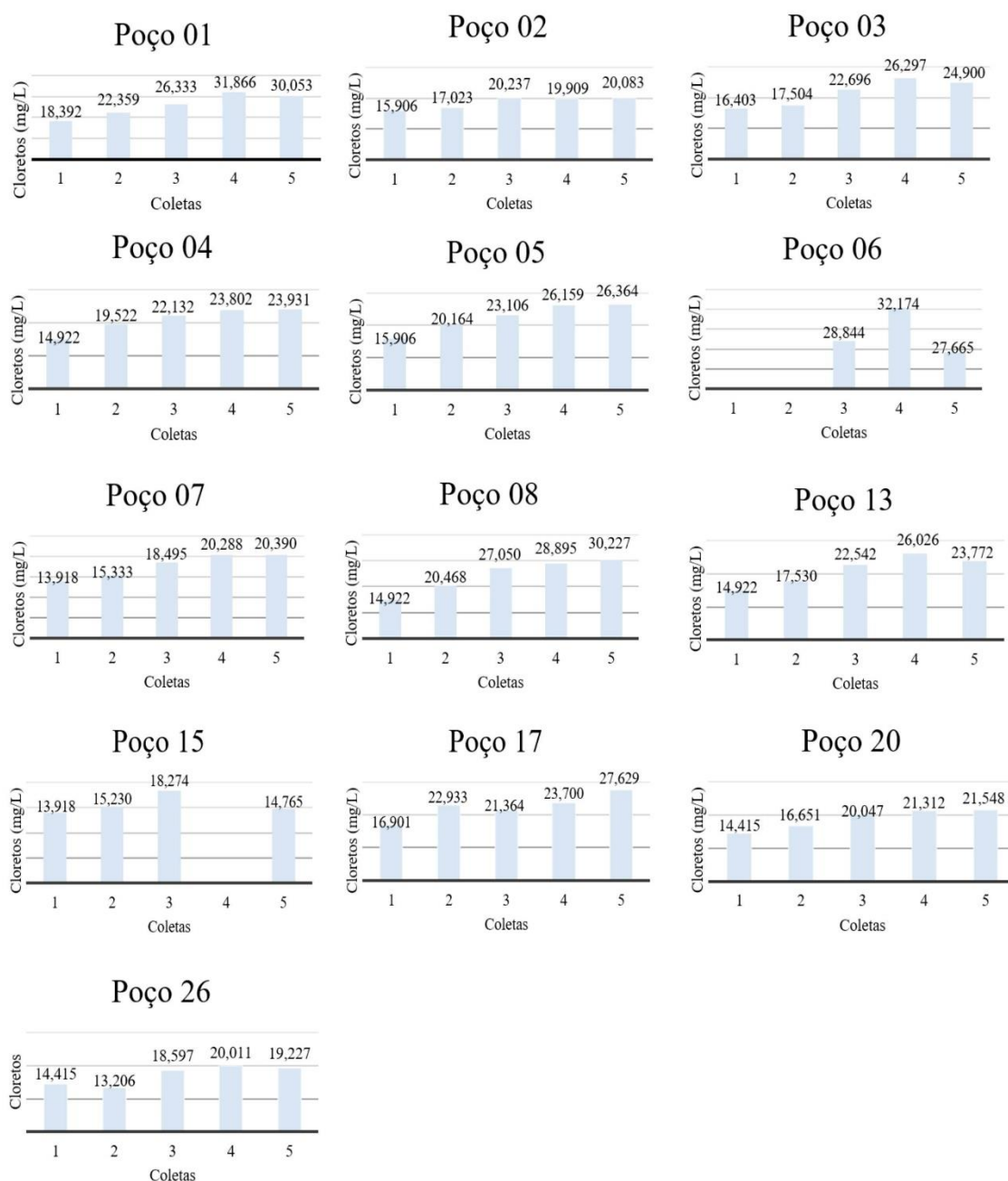


Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3.5 Cloretos

A determinação de cloreto foi realizada conforme o item 4.9.5 da metodologia e os resultados encontrados podem ser observados na figura 8 e também no apêndice I.

Figura 8 – Resultados das determinações de cloretos



Fonte: Elaborado pelo autor

Como pode-se observar na figura 8, comparando os 13 poços para este parâmetro analisado, nenhum poço apresentou valores superiores ao permitido, sendo este dado pela Portaria do Ministério da Saúde nº 5, de 28 de setembro de 2017, sendo VMP de 250 mg/L de cloreto em água de abastecimento.

Os autores Vasconcelos e Silva (2012) também realizaram determinação de cloreto em água de abastecimento e obtiveram valores de 4,38 a 24,84 mg/L, valores que estão dentro daqueles permitidos pela portaria. A preocupação dos autores era verificar se havia altas concentrações de cloretos, pois isto pode acarretar na danificação de equipamentos da indústria, então planejavam evitar que isto ocorresse. Martiori (2015) analisou a qualidade de água de poços rasos e obteve valores de 10,7 a 11,7 mg/L, sendo que estes valores apresentaram-se dentro dos VMP pela portaria.

Takeda, Mendes e Marin, preocuparam-se com a determinação de cloreto em água doce de superfície e obtiveram valores de 149,52 a 274,69 mg/L, sendo que estes valores apresentaram-se fora do permitido pela portaria. O propósito destes autores foi realizar uma conscientização de estudantes do ensino fundamental mostrando as fontes de contaminação que podem elevar o nível de cloreto em água, como assoreamento, despejo clandestino de esgoto doméstico e do lixo jogado no lago.

5.3.6 Dureza

A determinação da dureza foi realizada conforme o item 4.9.6 da metodologia e os resultados encontrados podem ser observados na figura 9 e também no apêndice I.

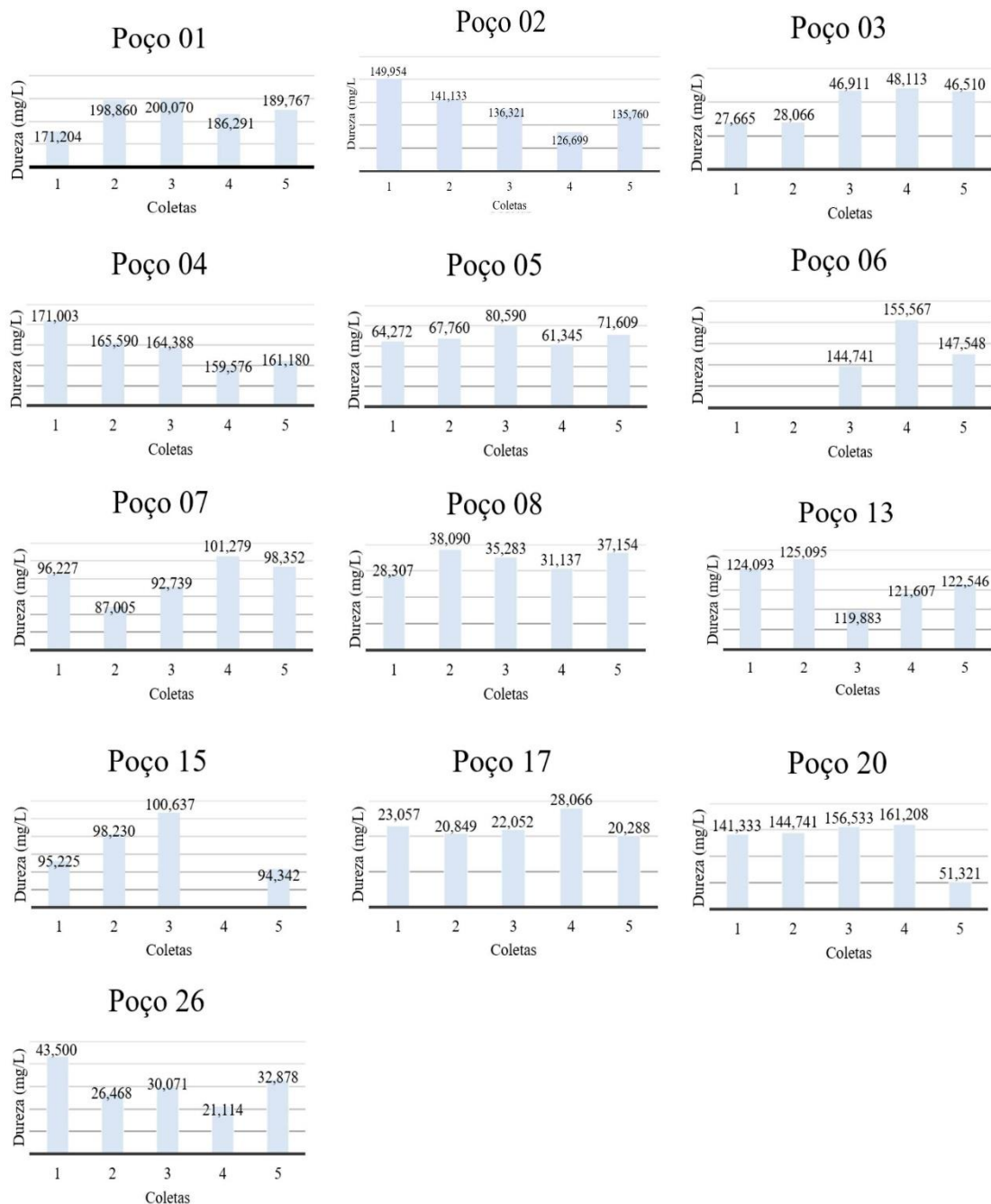
Na figura 9 podem ser observados os resultados obtidos para a determinação da dureza, comparando os 13 poços, nenhum poço apresentou valores superiores ao estabelecido, sendo este dado pela Portaria do Ministério da Saúde nº 5, de 28 de setembro de 2017 que estabelece para dureza o VMP de 500 mg/L para água potável (BRASIL, 2017).

Estes resultados estão em conformidades com outros disponíveis na literatura, como por exemplo com os obtidos por Santos e Mohr (2013) que realizaram análises físico-químicas em águas subterrâneas e observaram que os valores de dureza ficaram de 53,4 a 86,7 mg/L de CaCO_3 , sendo que estes valores estão dentro do estipulado pela portaria, assim como os valores obtidos no presente trabalho que também apresentam-se abaixo de 500 mg/L. Santos e Mohr tinham o objetivo de demonstrar que altos valores de dureza podem ocasionar sabor desagradável na água, além de causar efeitos laxativos, incrustações nas tubulações de água quente, entre outras consequências.

Os resultados também estão em acordo com Fernandes (2011) que avaliou a qualidade da água subterrânea em propriedade rural, em 3 pontos de coletas distintos: poço, reservatório e torneira. Obteve-se os valores de 55 a 130 mg/L de CaCO_3 , sendo

que estes valores estão na faixa do VMP, sendo que preocupação era verificar a possibilidade de incrustações em tubulações devido a dureza elevada.

Figura 9 – Resultados das determinações de dureza



Fonte: Elaborado pelo autor.

6 CONCLUSÃO

A partir das análises realizadas nas águas coletadas em poços artesianos utilizados para abastecimento no município de Cerro Largo, Rio Grande do Sul, foi possível realizar uma comparação com os valores presentes na Portaria nº 5 de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde, que estipula os valores permitidos para parâmetros biológicos, físicos e químicos, com a finalidade de certificar a potabilidade.

De acordo com os objetivos propostos, pode-se verificar que a maioria dos parâmetros investigados apresentou resultados em conformidade com os valores estipulados pela portaria já citada. Entretanto em algumas análises constatou-se resultados que excederam de forma moderada aos estipulados, sendo estes atribuídos a determinações pontuais que seriam amenizados pela média das determinações se as análises fossem realizadas diariamente como faz a CORSAN.

Conclui-se, também, que sendo o trabalho de conclusão de curso realizado para articular os conhecimentos teóricos e práticos adquiridos ao longo do curso, esta vivência no laboratório e o desenvolvimento das diversas análises, bem como da amostragem e coleta das amostras possibilitou a consolidação de habilidades desejáveis a um profissional da área da química.

REFERÊNCIAS

- AGNES, F. **Análises limnológicas das águas subterrâneas utilizadas para abastecimento humano na área rural do município de Campina das Missões/RS.** 2017. 79 f. Trabalho de conclusão do curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2017.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. [Site da **STANDARD METHODS**]. Disponível em: < https://www.mwa.co.th/download/file_upload/SMWW_1000-3000.pdf >. Acessado em: 18 de out. de 2018.
- BATISTA, B. pH da água que bebemos e o equilíbrio da acidez do sangue. **Sociedade Vegan.** 2017. Disponível em: <<http://sociedadevegan.com/ph-agua-acidez-sangue-saude/>> Acesso em: 19 de out. 2018.
- BETTEGA, J. M. P. R.; MACHADO, M. R.; PRESIBELLA, M.; BANISKI, G.; BARBOSA, C. A. Métodos analíticos no controle microbiológico da água para consumo humano. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.5, p. 950-954, 2006.
- BRAGA, E. S. et al. Avaliação da qualidade de águas subterrâneas localizadas no litoral, serra e sertão do Estado do Ceará destinadas ao consumo humano. **Revista Águas subterrâneas.** Fortaleza, v. 32, n. 1, p. 17-24, ago./dez., 2017.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano.** Brasília: [s.n.], [2006].
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil:** (portaria nº 5/2017). Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: [s.n.], [2011]. Disponível em: <>. Acesso em 17 de out. 2018.
- BRASIL. **Conselho Nacional do Meio Ambiente - (CONAMA).** Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes: (resolução nº 357/2005). Brasília: [s.n.], [2005]. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 17 de out. 2018.
- CAPP, N. et al. Qualidade da água e fatores de contaminação de poços rasos na área urbana de Anastácio (MS). **Geografia Ensino e Pesquisa: Meio Ambiente, Paisagem e Qualidade Ambiental**, Mato Grosso do Sul, v. 16, n. 3, p. 77-91, 2012.
- CENTRO DE TECNOLOGIA ACADÊMICA IF-UFRGS. [Site da **CET**]. Disponível em: < http://cta.if.ufrgs.br/projects/medidor-de-condutividade-eletrica-monitoramento-ambiental/wiki/Estado_da_Arte>. Acesso em: 13 de dez. 2018.

CERETTA, M. C. **Avaliação dos aspectos da qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena: município de Santa Maria/RS.** 2004. 132 p. Dissertação

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2014** [recurso eletrônico] / CETESB. São Paulo: CETESB, 2015. Disponível em: < https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Cetesb_QualidadeAguasSuperficiais2014_ParteI_vers%C3%A3o2015_Web.pdf >. Acesso em: 08 de nov. 2018.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório de Qualidade das Águas Superficiais: Índices de Qualidade das Águas.** Ap. C, São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/>>. Acesso em: 18 de out. 2018.

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO. [Site da CORSAN]. Disponível em: <<http://www.corsan.com.br/inicial>>. Acesso em: 18 de out. 2018.
EMBRAPA MEIO AMBIENTE. **Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo, água e sedimentos.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006.

FERNANDES, A. M. F. **Diagnóstico da qualidade da água subterrânea em propriedade Rural no município de Planalto, RS.** 2011. 65 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Geografia) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2011.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual prático de análise de água /** Fundação Nacional de Saúde – 4. ed. – Brasília: Funasa, 2013.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAs.** Brasília: Funasa, 2014.

HARRIS, D.C. **Análise Química Quantitativa.** 8ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 898p.

LENZI, E.; FAVERO, L. O. B.; LUCHESE, E. B. **Introdução à Química da Água: ciência, vida e sobrevivência.** Editora LTC. 2014. 604p.

MARTIORI, K. **Análise da qualidade de água de poços rasos no interior do município de Caxambu do Sul - SC, um estudo de caso.** 2015. 15 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, 2015.

PÁDUA, H. B. **Águas com dureza e alcalinidade elevada.** 1. ed. São Paulo, 2002. Disponível em: <<http://www.portalbonito.com.br/colunistas/helcias-de-padua/250/agua-com-dureza-e-alcalinidade-elevada>> Acesso em: 18 de out. 2018.

PALUDO, D. **Qualidade da água nos poços artesianos do município de Santa Clara do Sul.** 2010. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) – Centro Universitário Unilates, Lajeado, 2010.

PEREIRA, R. S. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. Revista Eletrônica de Recursos Hídricos. IPH-UFRGS. V. 1, n. 1 p. 20-36. 2004. Disponível em: <<http://www.abrh.org.br/informacoes/rerh.pdf>>

POZZEBON, P. H. B. **Avaliação da qualidade de águas subterrâneas localizadas no litoral, serra e sertão do Estado do Ceará destinadas ao consumo humano.** 2013. 193 f. Dissertação Mestrado (Pós graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

RIBEIRO, M. R.; OLIVEIRA, M. M. N.; FISCHER, T. M. **Monitoramento da qualidade da água subterrânea na unidade de tratamento e destinação final de resíduos no município de Rio Branco – ACRE.** In: Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo, 2. São Paulo: ABAS, 2011.

SCHWARZBACH, M. S. R.; MORANDI, I. C. **Avaliação da variabilidade temporal das características físico químicas das águas subterrâneas dos poços tubulares profundos do município de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.** In: Joint World Congress on Groundwater, 1. 2013

SANTOS, R. S.; MOHR, T. SAÚDE E QUALIDADE DA ÁGUA: Análises Microbiológicas e Físico-Químicas em Águas Subterrâneas. **Revista Contexto Saúde.** Ijuí, v. 13 p. 46-53, jul./dez. 2013.

SCURACCHIO, P. A. **Qualidade da água utilizada para consumo nas escolas no município de São Carlos/SP.** Araraquara, 2010.

TAKEDA, A. K.; MENDES, F. M.; MARIN L. M. **Avaliação da qualidade da água do lago Aratimbó no município de Umuarama/PR.** In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2. 2011. Londrina: IBEAS, 2011.

VASCONCELOS, A. V.; SILVA, M. R. **Avaliação físico-química e microbiológica da qualidade da água de pequenos laticínios da região de Francisco Beltrão/Pr.** 2012. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2012.

VITÓ, C. V. G. et al. **Avaliação da qualidade da água: determinação dos possíveis contaminantes da água de poços artesianos na região noroeste fluminense.** ACTA: Biomedica Brasiliensa. Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 59-75, 2016.

ANEXO I

Tabela 3 – Resultados das análises realizadas no mês de julho pela CORSAN

Parâmetro	Padrão de Qualidade	07/2018
Turbidez	0,0 a 5,0 NTU	0,4 UT
pH*	6,0 a 9,5	-
Cor	0 a 15 UH	2 UH
Cloro Livre Residual	100 mL	0,6 mg/L
Fluoretos*	0,6 a 0,9 mg/L	-
Coliformes Totais	Ausente em 100 mL	Ausente
E. Coli	Ausente em 100 mL	Ausente

* A partir de 01/2012 conforme o Anexo da Portaria da Consolidação 05/2017, não é mais obrigatória a exibição deste parâmetro na rede de distribuição.

Tabela 4 – Resultados das análises realizadas no mês de agosto pela CORSAN

Parâmetro	Padrão de Qualidade	08/2018
Turbidez	0,0 a 5,0 NTU	0,5 UT
pH*	6,0 a 9,5	-
Cor	0 a 15 UH	2 UH
Cloro Livre Residual	100 mL	0,68 mg/L
Fluoretos*	0,6 a 0,9 mg/L	-
Coliformes Totais	Ausente em 100 mL	Ausente
E. Coli	Ausente em 100 mL	Ausente

* A partir de 01/2012 conforme o Anexo da Portaria da Consolidação 05/2017, não é mais obrigatória a exibição deste parâmetro na rede de distribuição.

Tabela 5 – Resultados das análises realizadas no mês de agosto pela CORSAN

Parâmetro	Padrão de Qualidade	09/2018
Turbidez	0,0 a 5,0 NTU	0,4 UT
pH*	6,0 a 9,5	-
Cor	0 a 15 UH	2 UH
Cloro Livre Residual	100 mL	0,55 mg/L
Fluoretos*	0,6 a 0,9 mg/L	-
Coliformes Totais	Ausente em 100 mL	Ausente
E. Coli	Ausente em 100 mL	Ausente

* A partir de 01/2012 conforme o Anexo da Portaria da Consolidação 05/2017, não é mais obrigatória a exibição deste parâmetro na rede de distribuição.

APÊNDICE I

Tabela 6 - Coletas das amostras do poço 01

Amostras	Alcalinidade (mg/L)	Dureza (mg/L)	Cloretos (mg/L)	Condutividade (µS/cm)	pH	Turbidez (NTU)
1	198,720	171,204	18,392	402	7,61	1,02
2	161,965	198,860	22,359	384	6,75	1,00
3	166,900	200,072	26,333	324	6,84	1,06
4	184,101	186,291	31,866	399	6,79	1,03
5	166,319	189,767	30,053	341	6,69	1,06

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 7 - Coletas das amostras do poço 02

Coletas	Alcalinidade (mg/L)	Dureza (mg/L)	Cloretos (mg/L)	Condutividade (µS/cm)	pH	Turbidez (NTU)
1	181,293	149,954	15,906	373	7,72	1,02
2	166,194	141,133	17,023	321	6,94	1,00
3	160,159	136,321	20,237	293	6,97	1,04
4	164,266	126,699	19,909	331	6,98	1,08
5	156,053	135,760	20,083	275	6,79	1,09

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 8 - Coletas das amostras do poço 03

Coletas	Alcalinidade (mg/L)	Dureza (mg/L)	Cloretos (mg/L)	Condutividade (µS/cm)	pH	Turbidez (NTU)
1	236,100	27,665	16,403	529	9,72	0,99
2	239,564	28,066	17,504	498	9,88	0,98
3	263,441	46,911	22,696	454	9,66	0,99
4	263,503	48,113	26,297	541	9,57	1,01
5	233,258	46,510	24,900	482	9,64	1,05

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 9 - Coletas das amostras do poço 04

Coletas	Alcalinidade (mg/L)	Dureza (mg/L)	Cloretos (mg/L)	Condutividade (µS/cm)	pH	Turbidez (NTU)
1	322,988	171,003	14,922	606	8,12	1,01
2	273,465	165,590	19,522	541	7,75	1,00
3	285,412	164,388	22,132	477	7,88	1,03
4	284,714	159,576	23,802	583	7,86	1,08
5	271,039	161,180	23,931	508	7,82	1,11

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 10 - Coletas das amostras do poço 05

Coletas	Alcalinidade (mg/L)	Dureza (mg/L)	Cloretos (mg/L)	Condutividade (µS/cm)	pH	Turbidez (NTU)
1	228,330	64,272	15,906	415	9,30	0,99
2	195,796	67,760	20,164	398	9,62	0,98
3	200,404	80,590	23,106	367	9,47	1,00
4	211,492	61,345	26,159	441	9,38	1,04
5	201,226	71,609	26,364	378	9,45	1,07

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 11 - Coletas das amostras do poço 06

Coletas	Alcalinidade (mg/L)	Dureza (mg/L)	Cloretos (mg/L)	Condutividade (µS/cm)	pH	Turbidez (NTU)
1	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-
3	145,786	144,741	28,844	276	7,90	0,96
4	146,895	155,567	32,174	332	7,84	0,99
5	139,626	147,548	27,665	294	8,06	1,03

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 12 - Coletas das amostras do poço 07

Amostras	Alcalinidade (mg/L)	Dureza (mg/L)	Cloretos (mg/L)	Condutividade (μS/cm)	pH	Turbidez (NTU)
1	163,000	96,227	13,918	221	8,20	1,00
2	111,219	87,005	15,333	197	7,60	1,01
3	115,602	92,739	18,495	176	7,69	1,10
4	114,288	101,279	20,288	220	7,58	1,08
5	123,815	98,352	20,390	195	7,83	1,07

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 13 - Coletas das amostras do poço 08

Coletas	Alcalinidade (mg/L)	Dureza (mg/L)	Cloretos (mg/L)	Condutividade (μS/cm)	pH	Turbidez (NTU)
1	237,57	28,307	14,922	454	8,92	0,97
2	209,328	38,090	20,468	419	9,27	0,93
3	202,296	35,283	27,050	381	9,09	0,98
4	210,794	31,137	28,895	454	9,20	0,95
5	195,682	37,154	30,227	399	9,27	1,01

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 24 - Coletas das amostras do poço 13

Coletas	Alcalinidade (mg/L)	Dureza (mg/L)	Cloretos (mg/L)	Condutividade (μS/cm)	pH	Turbidez (NTU)
1	162,213	124,093	14,922	269	7,60	1,01
2	143,358	125,095	17,530	280	7,82	1,00
3	134,082	119,883	22,542	248	7,76	1,07
4	138,928	121,607	26,026	300	7,84	1,03
5	132,029	122,546	23,772	258	7,58	0,94

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 35 - Coletas das amostras do poço 015

Coletas	Alcalinidade (mg/L)	Dureza (mg/L)	Cloretos (mg/L)	Condutividade (µS/cm)	pH	Turbidez (NTU)
1	163,445	95,225	13,918	237	7,70	1,02
2	121,812	98,230	15,230	209	7,75	0,94
3	119,093	100,637	18,274	198	7,68	1,12
4	-	-	-	-	-	-
5	95,069	94,342	14,765	201	7,60	1,11

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 46 - Coletas das amostras do poço 17

Coletas	Alcalinidade (mg/L)	Dureza (mg/L)	Cloretos (mg/L)	Condutividade (µS/cm)	pH	Turbidez (NTU)
1	261,892	23,057	16,901	575	9,90	0,98
2	255,422	20,849	22,933	536	9,98	0,94
3	258,719	22,052	21,364	482	9,87	1,07
4	262,127	28,066	23,700	589	9,89	1,10
5	253,588	20,288	27,629	504	9,74	1,02

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 17 - Coletas das amostras do poço 20

Coletas	Alcalinidade (mg/L)	Dureza (mg/L)	Cloretos (mg/L)	Condutividade (µS/cm)	pH	Turbidez (NTU)
1	246,399	70,113	14,415	411	9,09	1,02
2	200,163	76,180	16,651	366	9,32	0,99
3	197,119	56,533	20,047	326	9,32	1,00
4	201,226	61,208	21,312	397	9,27	1,05
5	204,511	51,321	21,548	346	9,36	1,07

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 18 - Coletas das amostras do poço 26

Coletas	Alcalinidade (mg/L)	Dureza (mg/L)	Cloretos (mg/L)	Condutividade (µS/cm)	pH	Turbidez (NTU)
1	251,861	43,500	14,415	397	9,60	0,99
2	203,682	26,468	13,206	379	9,79	0,97
3	212,724	30,071	18,597	337	9,77	1,05
4	203,895	21,114	20,011	415	9,70	1,10
5	209,439	32,878	19,227	353	9,66	1,14

Fonte: Elaborado pelo autor.